

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 59-172286

(43)Date of publication of application : 28.09.1984

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 58-045674

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 18.03.1983

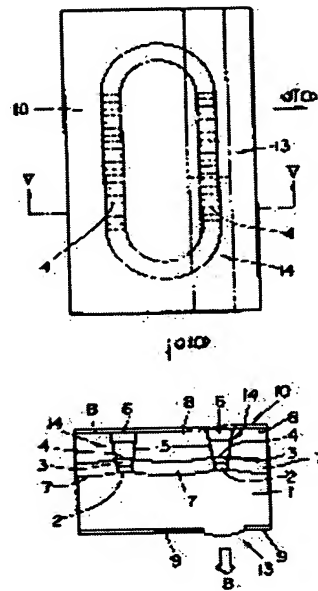
(72)Inventor : WAKITA KOICHI
MATSUOKA TAKASHI

(54) SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To extract single wavelength laser beams with excellent directivity in the vertical direction to a P-N junction surface while inhibiting an unnecessary mode resulting from reflection by burying a light-emitting region and simplifying a lateral mode and reducing driving currents while confining beams changed into a uniaxial mode in a ring shape by using a diffraction grating.

CONSTITUTION: A striped region 14 consisting of an InGaAsP active layer 2, a P-InGaAsP guide layer 3, a diffraction grating 4, a P-InP clad layer 5 and a P-InGaAsP contact layer 6 is formed on an N-InP substrate 1 to a ring shape with mutually parallel two straight line sections. The striped region 14 is buried by a P-InP optical confinement layer 7 and an N-InP current stopping layer 8. A projecting section 13, which is shaped along the direction of the striped region 14 and a section thereof takes an arcuate form, is formed to a section corresponding to one of both straight line sections of the surface on the electrode 9 side of the substrate 1. The semiconductor laser device avoids a utilization for an optical resonator of a section where a semiconductor crystal is directly in contact with the outside air such as a cleavage plane, utilizes periodic index distribution shaped in a liquid crystal for the feedback of beams, and reduces reflection resulting from a large refractive index difference.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 59172286
PUBLICATION DATE : 28-09-84

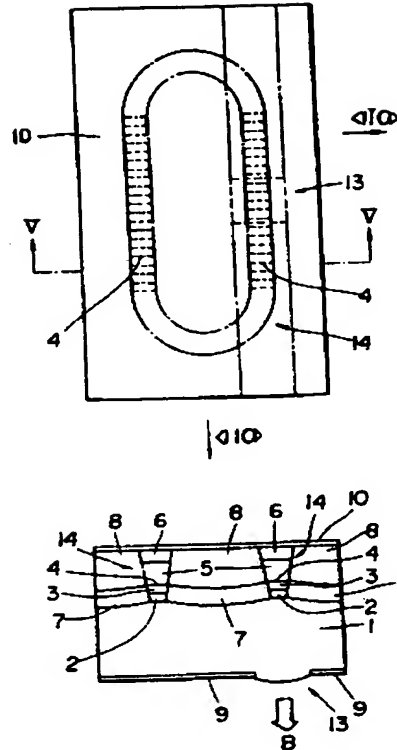
APPLICATION DATE : 18-03-83
APPLICATION NUMBER : 58045674

APPLICANT : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>;

INVENTOR : MATSUOKA TAKASHI;

INT.CL. : H01S 3/18

TITLE : SEMICONDUCTOR LASER DEVICE



ABSTRACT : PURPOSE: To extract single wavelength laser beams with excellent directivity in the vertical direction to a P-N junction surface while inhibiting an unnecessary mode resulting from reflection by burying a light-emitting region and simplifying a lateral mode and reducing driving currents while confining beams changed into a uniaxial mode in a ring shape by using a diffraction grating.

CONSTITUTION: A striped region 14 consisting of an InGaAsP active layer 2, a P-InGaAsP guide layer 3, a diffraction grating 4, a P-InP clad layer 5 and a P-InGaAsP contact layer 6 is formed on an N-InP substrate 1 to a ring shape with mutually parallel two straight line sections. The striped region 14 is buried by a P-InP optical confinement layer 7 and an N-InP current stopping layer 8. A projecting section 13, which is shaped along the direction of the striped region 14 and a section thereof takes an arcuate form, is formed to a section corresponding to one of both straight line sections of the surface on the electrode 9 side of the substrate 1. The semiconductor laser device avoids a utilization for an optical resonator of a section where a semiconductor crystal is directly in contact with the outside air such as a cleavage plane, utilizes periodic index distribution shaped in a liquid crystal for the feedback of beams, and reduces reflection resulting from a large refractive index difference.

COPYRIGHT: (C)1984,JPO&Japio

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59-172286

⑥ Int. Cl.³
H 01 S 3/18

識別記号

庁内整理番号
7377-5F

⑬ 公開 昭和59年(1984)9月28日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 6 頁)

⑭ 半導体レーザ装置

① 特 願 昭58-45674

② 出 願 昭58(1983)3月18日

⑦ 発 明 者 脇田紘一

武蔵野市緑町3丁目9番11号日
本電信電話公社武蔵野電気通信

研究所内

⑧ 発 明 者 松岡隆志

武蔵野市緑町3丁目9番11号日

本電信電話公社武蔵野電気通信

研究所内

⑨ 出 願 人 日本電信電話公社

⑩ 代 理 人 弁理士 志賀正武

明 細 書

1. 発明の名称

半導体レーザ装置

2. 特許請求の範囲

第1の導電型の半導体基板上に、第1の導電型または第2の導電型の活性層、第2の導電型で前記活性層とは反対側の面に所定期間の格子が形成されたガイド層および第2の導電型のクラフド層が順次積層された複数層を含むストライプ領域を有し、かつ前記ストライプ領域が前記活性層より屈折率の小さい半導体で埋め込まれてなる分布型遷移型埋込みダブルヘテロ構造の半導体レーザ装置において、前記半導体基板上に同基板面に沿って設けるストライプ領域を、一部に直線部分を有するリング状に形成すると共に、この直線部分にはこの直線部分が延びる方向と直交する方向に前記格子が形成され、かつ前記半導体基板の前記ストライプ領域が設けられる面とは反対側の面における前記直線部分に対応する部分は同直線部分が

(1)

延びる方向に延びかつ断面が円弧状の凸部に形成され、かつこの凸部の一部はレーザ光の取り出口となるように構成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明は指向性のよい単一波長発振の半導体レーザ装置に関するものである。

半導体レーザダイオードは小型、堅固、あるいは直接変調が可能という特徴を有し、各種の応用が考えられ、一部実用化されている。しかし、そのレーザビーム拡がり角は一般に $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ と広く（これは光の放射部分の寸法が小さいことに起因した回折効果によるものもある）、例えば光ファイバ伝送用光源として用いる場合、光ファイバへの結合効率を上げるにはレンズ系を組合わせて、一度平行ビームにする等の構成が必要であった。このレンズ系の設定には高度の精度を要し、かつ、レンズ系設定の長期信頼度についても問題があつた。又、素子をヒートシンクの縁端部ぎりぎりにおく必要から融着作業が繁雑であつた。こ

(2)

のレーザビーム拡がり角をレンズ系を用いずに半導体レーザダイオードそれ自体を工夫することによつて解決しようとする試みとして、面発光型レーザがある (Japanese J. of Applied Physics / 8 巻, 2378 頁 (1979 年))。しかしこのレーザは、レーザ発振に寄与する長さ (以下レーザ長と表現する) が短かいためレーザ利得は小さく、従つてレーザ発振に要するしきい電流値は高くなり、室温で連続動作が不可能で実用的ではない。又、これを克服するため、分布ブラッグ反射層を設けて反射損失を減らし、しきい電流値を低減化する試みがあるが (第43回応用物理学学会学術講演会講演予稿集 P / 30, 29a-b-7, 29a-b-8)、これには2つの屈折率が異なり、かつ媒質内波長の4分の1に相当する厚さをもつ層を60層以上成長させる必要があり、製作上困難であつて、未だ実現していない。

さらに、屈折格子を用いて光を活性層に垂直な方向に量子上面から放射させる型の半導体レーザが提案されているが (特開昭57-171582)。

(3)

第1図は従来のDFBレーザの例であつて、1はn-InP基板、4は屈折格子、8はp-InGaAsPガイド層、2はInGaAsP活性層、5はp-InPクラッド層、6はp-InGaAsPコンタクト層、7はp-InP光閉じ込め層、8はn-InP電流阻止層であり、9、10はそれぞれN、P電極である。又、11は劈開面、12は傾斜面である。このレーザは屈折格子4の周期がレーザ発振波長にあつた最短周期の整数倍であるため、出力光はp-n接合面に垂直な方向あるいは斜めに取り出せるが、N電極9の一部をとり除いた量子では視野像は第2図のようになる。すなわち、屈折格子4の方向では、埋め込み構造に起因する回折効果のため $1/4^{\circ}$ 程度の拡がり角 θ_1 をもち、これに垂直な方向では 0.3° 程度の拡がり角 θ_2 と非常に狭い。従つて、n基板1の表面形状をストライプに削つて円弧状に突出した凸状に加工すれば、指向性が向上する。第3図は、その適用例であつて、18は加工部であり基板1の上側表面から発光面までの距離をS、基板1のレーザ出力光に対

(5)

この構造では横モードが単一化されていないため、たとえ屈折格子を用いて単一軸モードを得ようとしても、単一波長発振は得ることができず、また、光取出し窓における光強度分布も単一のピークをもつに至らずファイバへの結合効率も上げられない。さらに、励起電流も高くなり、実用的でない。

一方、屈折格子を用いた分布型型 (Distributed Feedback 以下略してDFB) レーザは、単一波長発振用に研究開発が進められているが、一对のレーザ共振器 (通常、結晶の劈開面を利用) が形成されると、それをもつてレーザ発振が誘導され、ファブリペロモードと呼ばれる単一波長発光が不可能となるため、通常は劈開面の一方を化学エッチング等で活性層に対して斜めになるような傾斜面を作製し、かつその上にレーザ出力光に対して不透明な領域を新たに付加し、反射によるもどり光を減らしてファブリペロモードを抑える等の工夫をする必要があり、量子作製工程が複雑化するばかりでなく、発振に要する電流も大きく、効率を下げるという欠点があつた。

(4)

する屈折率をnとした場合、

$$r = \frac{n-1}{n} \cdot S$$

となるように曲率半径rを選べば、放出光は平行 ($\theta_1 \neq 0$) となることわかる。例えばS = 100 μm に対し、r = 7 / μm が求まる。これは、イオンエッチング、化学エッチング等を用いれば、容易に作製できる。この作製方法については実施例において詳述する。

以上は従来のレーザのp-n接合面に垂直な方向をもつ出力光の指向性を向上を改善したものであるが、大部分の光は、劈開面に垂直方向に出ており、かつ、その光も反射に起因するファブリペロモードが混入しやすい。これは、屈折率の大きく異なる空気と半導体とが隣接しているため、その界面で光が反射されるためである。

本発明はこれらの欠点を解消するために、発光領域を埋め込んで横モード単一化、低励起電流化するとともに、屈折格子を用いて単一軸モード化した光をリング状にとじ込め、反射に起因する不要モードを抑えつつ、p-n接合面に垂直な方向

(6)

に指向性よく単一波長レーザ光をとり出すもので以下図面について詳細に説明する。

第4図および第5図は、この発明による半導体レーザ装置の一実施例の構成を示すもので、これらの図において、第1図ないし第3図の各部に対応する部分には同一の符号が付してある。これらの図に示すように、この実施例においては、InGaAsP 活性層2、p-InGaAsP ガイド層8、回折格子4、p-InPクラッド層5、p-InGaAsP コンタクト層6からなるストライプ領域14がn-InP基板1上に互に平行な2本の直線部分を有するリング状に形成されている。そして、前記ストライプ領域14はp-InP 光閉じ込め層7とn-InP 電流阻止層8とによつて埋め込まれている。この場合、前記回折格子4は、このストライプ領域14における両直線部分にのみ形成され、かつその格子の方向はこれら直線部分が延びる方向に直交するようになっている。そして、基板1の直線層8側の表面における前記両直線部分のうちの一方に対応する部分には、ストライプ領域14に沿

(7)

り、曲がりに起因する損失は、曲率半径50 μ mの場合10⁻⁴のオーダーとなつて極めて小さいことが、計算によつて確かめられる（『Bends in Dielectric Guides』Bell System Technical Journal Vol 48, No 7 (September 1969), PP 2103-2132 参照）。又、この曲がりに起因する損失は、曲率半径が大きいほど、小さくなる。一方、直線部分は、光のフィードバックを効率よく生じさせるために必要であるが、この構造では直線部分が2箇所となるため通常のDPBレーザより短かくて両特徴がある。すなわち1対の直線部分で光の発振を起こし、曲り部分で光を導波することが可能なため半導体チップの効率的利用が可能となる。以上述べたように本構造を用いれば回折格子4の周期によつて決定される単一波長の光を指向性よく発振させることができる。

次に、第6図ないし第14図を参照して、前記実施例による半導体レーザ装置の製作方法について説明する。

まず、第6図に示すようにn-InP 基板1上に、

(8)

う方向に沿ひかつ断面が円弧状となる凸部18が形成されている。

かくして、この実施例による半導体レーザ装置は、劈開面等の半導体結晶が直接外気とふれる部分を光の共振器に利用することを避け、結晶の内部に設けられた周期的な屈折率分布を光のフィードバックに利用することにより、大きな屈折率差に起因する反射を少なくしている。通常この構造のレーザでは、光の取り出し口がないため、光導波路を別に設け、これを介して光を外部にとり出す必要があつたが、本構造では、回折格子4により、基板1の面に垂直な方向に光が取り出せるので、光導波路等を設ける必要がない。本提案のリング状のストライプ領域14における両曲部の曲率半径は、曲がりによる損失を考慮しても通常の埋め込み構造光導波路においては、殆んど問題とならない。例えば、InPの屈折率を3.2としたとき、安定な単一横モード発振が可能となる幅1.1 μ m、厚さ0.2 μ mのInGaAsP 活性層4（発光波長1.55 μ m）の等価屈折率は3.263とな

(8)

液相成長法等により、InGaAsP 活性層2、この活性層2よりエネルギーバンドギャップの大きいp-InGaAsP ガイド層8等を順次成長させる。次に、第7図、第8図に示すように、前記ガイド層8の両端部上面に、レジスト15、15のパターンを通常のフォトリソグラフィ技術で形成し、130℃前後でベークする。次に上面全面に膜厚500 \AA 前後のフォトレジストをスピコートし、次いで通常の二光束干渉法等で回折格子4の縦模様を露光した後現像し、しかる後HBr系エッチング液でp-InGaAsP層8をエッチングして回折格子4を形成し、さらに全てのレジストをプラズマ灰化法等により除去する（第9図および第10図参照）。この場合、回折格子4の周期 Λ は、前記ストライプ領域14の各層1、2、8、5および光閉じ込め層7、電流阻止層8によつて決まる等価屈折率を n 、発振波長を λ とすれば、

$$\Lambda = \frac{\lambda}{2n} \cdot m \quad (mは2以上の整数)$$

に設定する。

次に、上面全面に、p-InP クラッド層5、

(9)

p-InGaAsP コンタクト層8を液相成長法等により順次成長させる。そして、その上面全面に、 SiO_2 膜16をスパッタ法等により形成する。次に、第11図、第12図に示すように、前記 SiO_2 膜16をフォトリソグラフィ法によりリング状に形成し、このリング状の SiO_2 膜16をマスクとし、かつフロムメタノール液を用いてエッチングを行ない、リング状のストライプ領域14を形成する。次いで、第13図、第14図に示すように、ストライプ領域14を除く部分に、p-InP層7、n-InP層8を液相成長法等により順次成長させ、しかる後、前記 SiO_2 膜16をエッチングにより除去する。

次に、基板1の他方の表面に断面円弧状の凸部18を加工形成する工程を説明する。

まず、第15図、第16図に示すように、基板1の所定面の所定の箇所に、予め準備されたフォトマスクを用いて、レジスト17を長方形状に厚く塗布する。次に、これを高温雰囲気中にさらしてとくと、第17図に示すように、このレジスト

17はその粘性により幅方向に切った断面が略円弧状になる。次に第18図に示すように、基板1を、同基板1の基板面に垂直であつて前記レジスト17の中心を過る線を軸として回転し、かつレジスト17の斜め上方からリアクティブイオン等によるエッチングを行なう。このようにすれば、基板1の前記レジスト17を塗布した部分に対応する部分は、幅方向に切った断面が円弧状となるような凸部18となる。

以上説明したように本発明によれば、単一波長の光を指向性よくかつ横モードの単一化された状態で、半導体基板に垂直な方向に取り出すことが可能である。したがつて、本発明によれば、劈出面を必要としないためベレットの切出しが容易であり、光ファイバへの結合効率が高く、光出力の放射方向がp-n接合に対して垂直であるため劈出面から光出力を得るレーザのようにマウントの際にそのマウント上の設置位置が制限されないことがない。また、構成上、光が基板に垂直な方向にとり出せるため、同一ヒートシンク上に多数のベ

44

レットをマウントすることができ、アレイ状に発光させることが可能である。

44 図面の簡単な説明

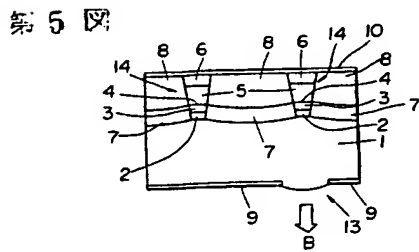
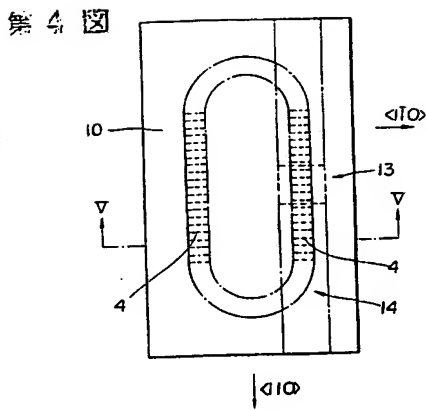
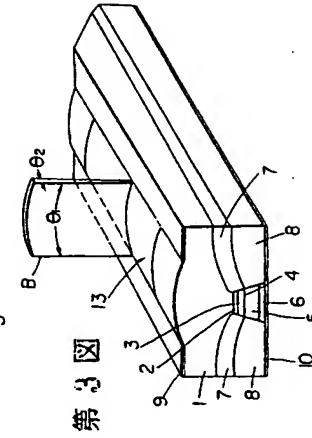
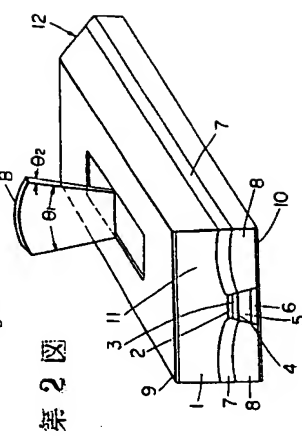
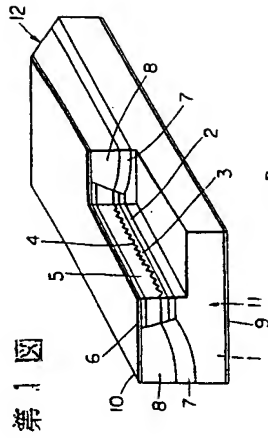
第1図は従来の分布形半導体レーザ装置を一部裁断して示す斜視図、第2図および第3図は従来の分布形半導体レーザ装置の他の例を示す斜視図、第4図および第5図はこの発明の一実施例の構成を示すもので第4図は平面図、第5図は第4図のV-V線に沿う断面図、第6図ないし第10図は同実施例の製作工程を示すもので、第6図、第8図、第10図は側面図、第7図、第9図、第11図、第13図は平面図、第12図は第11図のXI-XII線に沿う断面図、第14図は第13図のXV-XVI線に沿う断面図、第15図ないし第18図は断面円弧状の凸部を加工する工程を示すもので、第15図は平面図、第16図は第15図のXVI-XVII線に沿う断面図、第17図、第18図は同断面図である。

1……半導体基板、2……活性層、3……ガイド層、4……格子、5……クラッド層、18……凸部、14……ストライプ領域。

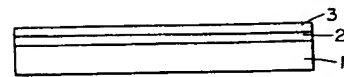
出願人 日本電信電話公社

代理人 弁理士 志賀正武

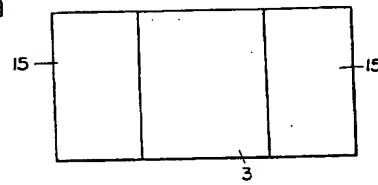




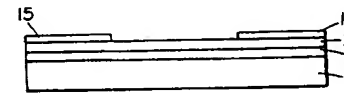
第6図



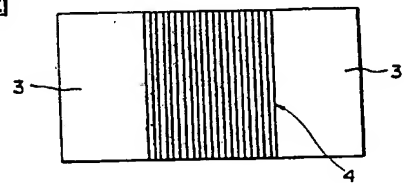
第7図



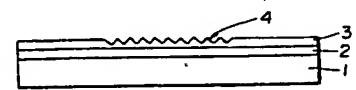
第8図



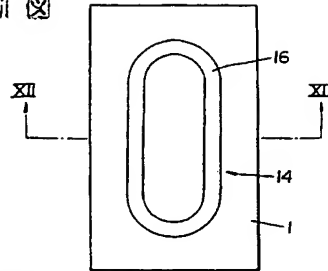
第9図



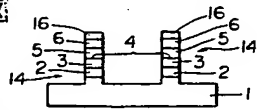
第10図



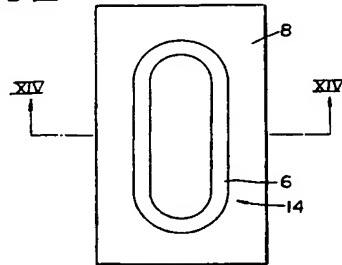
第11図



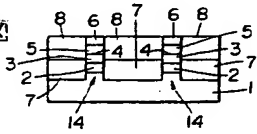
第12図



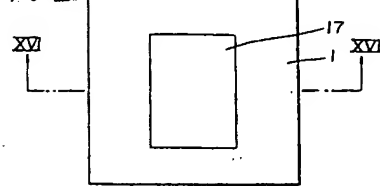
第13図



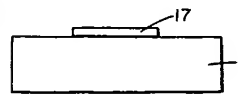
第14図



第15図



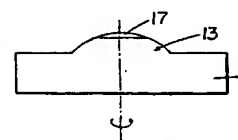
第16図



第17図



第18図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.